

# 薄膜磁気ヘッド用スライダおよびその製造方法

## 発明の背景

### 1. 発明の技術分野

本発明は、記録媒体に対向する媒体対向面と、媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを有する薄膜磁気ヘッド用スライダおよびその製造方法に関する。

### 2. 関連技術の説明

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR（Magnetoresistive）素子とも記す。）を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。MR素子としては、異方性磁気抵抗（Anisotropic Magnetoresistive）効果を用いたAMR素子と、巨大磁気抵抗（Giant Magnetoresistive）効果を用いたGMR素子とがあり、AMR素子を用いた再生ヘッドはAMRヘッドあるいは単にMRヘッドと呼ばれ、GMR素子を用いた再生ヘッドはGMRヘッドと呼ばれる。AMRヘッドは、面記録密度が1ギガビット／（インチ）<sup>2</sup>を超える再生ヘッドとして利用され、GMRヘッドは、面記録密度が3ギガビット／（インチ）<sup>2</sup>を超える再生ヘッドとして利用されている。近年は、ほとんどGMRヘッドが利用されるようになってきている。

再生ヘッドの性能を向上させる方法としては、MR膜をAMR膜からGMR膜等の磁気抵抗感度の優れた材料に変える方法や、MR膜のパターン幅、すなわち、再生トラック幅やMRハイトを適切化する方法等がある。MRハイトとは、MR素子のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。また、エアベアリング面は、薄膜磁気ヘッドにおける磁気記録媒体と対向する面である。

一方、再生ヘッドの性能向上に伴って、記録ヘッドの性能向上も求められている。記録ヘッドの性能のうち面記録密度を高めるには、記録トラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ層を挟んでその上下に形成された下

部磁極および上部磁極のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロン寸法まで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要がある、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。また、記録ヘッドの性能を決定する他の要因としては、パターン幅、特に、スロートハイト (Throat Height) がある。スロートハイトは、2つの磁極層が記録ギャップ層を介して対向する部分、すなわち磁極部分の、エアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ (高さ) をいう。記録ヘッドの性能向上のためには、スロートハイトの縮小化が望まれている。このスロートハイトは、エアベアリング面の加工の際の研磨量によって決定される。

このように、薄膜磁気ヘッドの性能の向上のためには、記録ヘッドと再生ヘッドをバランスよく形成することが重要である。

高密度記録を可能にする薄膜磁気ヘッドに要求される条件としては、再生ヘッドについては、再生トラック幅の縮小、再生出力の増加、ノイズの低減等があり、記録ヘッドについては、記録トラックの縮小、記録媒体上の既にデータを書き込んである領域にデータを重ね書きする場合の特性であるオーバーライト特性の向上、非線形トランジションシフト (Non-linear Transition Shift) の向上等がある。

ところで、ハードディスク装置等に用いられる浮上型薄膜磁気ヘッドは、一般的に、後端部に薄膜磁気ヘッド素子が形成されたスライダによって構成されるようになっている。スライダは、記録媒体の回転によって生じる空気流によって記録媒体の表面からわずかに浮上するようになっている。

ここで、図2 1 Aないし図2 4 A、図2 1 Bないし図2 4 Bおよび図2 5を参照して、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の製造方法の一例について説明する。なお、図2 1 Aないし図2 4 Aはエアベアリング面に垂直な断面を示し、図2 1 Bないし図2 4 Bは磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

この製造方法では、まず、図2 1 Aおよび図2 1 Bに示したように、例えばアルミニウムオキシサイド・チタニウムカーバイド ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) よりなる基板1 0 1の上に、例えばアルミナ ( $Al_2O_3$ ) よりなる絶縁層1 0 2を、約5～1 0  $\mu m$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層1 0 2の上に、磁性材料よりなる

再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。

次に、下部シールド層103の上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる下部シールドギャップ膜104を、例えばスパッタリングにより、例えば100～200 nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、再生用のMR素子105を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、MR素子105に電氣的に接続される一对の電極層106を形成する。

次に、下部シールドギャップ膜104、MR素子105および電極層106の上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる上部シールドギャップ膜107を、例えばスパッタリングによって形成し、MR素子105をシールドギャップ膜104、107内に埋設する。

次に、上部シールドギャップ膜107の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）108を、約3  $\mu$ mの厚みに形成する。

次に、図22Aおよび図22Bに示したように、下部磁極層108の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層109を0.2  $\mu$ mの厚みに形成する。次に、磁路形成のために、記録ギャップ層109を部分的にエッチングして、コンタクトホール109aを形成する。次に、磁極部分における記録ギャップ層109の上に、記録ヘッド用の磁性材料よりなる上部磁極チップ110を、0.5～1.0  $\mu$ mの厚みに形成する。このとき同時に、磁路形成のためのコンタクトホール109aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層119を形成する。

次に、図23Aおよび図23Bに示したように、上部磁極チップ110をマスクとして、イオンミリングによって、記録ギャップ層109と下部磁極層108をエッチングする。図23Bに示したように、上部磁極部分（上部磁極チップ110）、記録ギャップ層109および下部磁極層108の一部の各側壁が垂直に自己整合的に形成された構造は、トリム（Trim）構造と呼ばれる。

次に、全面に、例えばアルミナ膜よりなる絶縁層111を、約3  $\mu$ mの厚みに形成する。次に、この絶縁層111を、上部磁極チップ110および磁性層11

9の表面に至るまで研磨して平坦化する。

次に、平坦化された絶縁層111の上に、例えば銅(Cu)よりなる誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル112を形成する。次に、絶縁層111およびコイル112の上に、フォトレジスト層113を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層113の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。次に、フォトレジスト層113の上に、第2層目の薄膜コイル114を形成する。次に、フォトレジスト層113およびコイル114上に、フォトレジスト層115を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層115の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。

次に、図24Aおよび図24Bに示したように、上部磁極チップ110、フォトレジスト層113、115および磁性層119の上に、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイ(NiFe)よりなる上部磁極層116を形成する。次に、上部磁極層116の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層117を形成する。最後に、上記各層を含むスライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面118を形成して、薄膜磁気ヘッド素子が完成する。

図25は、図24Aおよび図24Bに示した薄膜磁気ヘッド素子の平面図である。なお、この図では、オーバーコート層117や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。

次に、図26ないし図28を参照して、スライダの構成とその製造方法について説明する。図26はスライダのエアベアリング面の構成の一例を示す底面図である。この図に示したように、スライダ120におけるエアベアリング面は、磁気ディスク等の記録媒体の回転によって生じる空気流によってスライダ120を記録媒体の表面からわずかに浮上させるために必要な形状に形成されている。なお、図26において、符号121aは凸部を表し、121bは凹部を表している。また、スライダ120におけるエアベアリング面の空気流出側(図26における上側)の端部近傍には薄膜磁気ヘッド素子122が配置されている。この薄膜磁気ヘッド素子122の構成は、例えば図24Aおよび図24Bに示したようになっている。図26におけるA部が、図24Bに対応する。

スライダ120は、以下のようにして製造される。まず、それぞれ薄膜磁気ヘッド素子122を含むスライダとなる部分（以下、スライダ部分と言う。）が複数列に配列されたウェハを一方向に切断して、スライダ部分が一行に配列されたバーと呼ばれるブロックを形成する。次に、このバーに対して研磨加工を行ってエアベアリング面を形成し、更に、凸部121aおよび凹部121bを形成する。次に、バーを切断して各スライダ120に分離する。

図27は図26の27-27線断面図である。図27では、薄膜磁気ヘッド素子122のうちの主要な部分のみを示している。図27に示したように、スライダ120の大部分は、例えばアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなる基板101で構成されている。スライダ120のうちの残りの部分は、例えばアルミナよりなる絶縁層127と、この絶縁層127内に形成された薄膜磁気ヘッド素子122等で構成されている。絶縁層127の大部分はオーバーコート層117である。

スライダ120におけるエアベアリング面には、下部シールド層103、下部磁極層108、上部磁極チップ110、上部磁極層116等の腐食等を防止するために、例えば特開平9-63027号公報に示されるように、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）等を用いた保護膜を形成してもよい。図28は、このようにエアベアリング面に保護膜128を形成したスライダ120が、記録媒体140の表面からわずかに浮上している状態を示す断面図である。

ところで、ハードディスク装置の性能、特に面記録密度を向上させる方法には、線記録密度を高める方法とトラック密度を高める方法とがある。高性能のハードディスク装置を設計する際には、線記録密度とトラック密度のどちらに重点を置くかによって、記録ヘッド、再生ヘッド、あるいは薄膜磁気ヘッド全体における具体的な方策が異なる。すなわち、トラック密度に重点を置いた設計の場合には、例えば、記録ヘッドと再生ヘッドの双方においてトラック幅の縮小が求められる。

一方、線記録密度に重点を置いた設計の場合には、例えば、再生ヘッドにおいて、再生出力の向上や、下部シールド層と上部シールド層との間の距離であるシールドギャップ長の縮小が求められる。線記録密度に重点を置いた設計の場合に

は、更に、記録媒体と薄膜磁気ヘッド素子との間の距離（以下、磁気スペースと言う。）の縮小が求められる。

磁気スペースの縮小は、スライダの浮上量の縮小によって達成される。磁気スペースの縮小は、再生ヘッドにおける再生出力の向上に寄与する他に、記録ヘッドにおけるオーバーライト特性の向上に寄与する。

以下、磁気スペースを縮小する場合における問題点について説明する。従来、スライダ120のエアベアリング面の研磨は、例えば、ダイヤモンドスラリーを用い、回転するスズ定盤上で行っていた。

ところで、スライダ120を構成する複数の材料には硬度に差がある。例えば、基板101に使用されるセラミックス材であるアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドと、下部シールド層103、下部磁極層108、上部磁極チップ110、上部磁極層116等を使用される磁性材料、例えばNiFeと、絶縁層127に使用されるアルミナとで硬度を比較すると、アルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドの硬度が最も大きく、NiFeの硬度が最も小さく、アルミナの硬度はアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドの硬度とNiFeの硬度の間である。

このように互いに硬度の異なる複数の層を含むスライダ120を、研磨剤としてダイヤモンドスラリーを用いてスズ定盤上で研磨すると、硬度の異なる複数の層の間で段差が生じることがあった。例えば、図27に示したように、NiFe等の磁性材料よりなる層、例えば上部磁極層116と絶縁層127との間では、絶縁層127に対して上部磁極層116が引っ込んだ状態で1～2nm程度の段差が生じ、絶縁層127と基板101との間では、基板101に対して絶縁層127が引っ込んだ状態で4～5nm程度の段差が生じていた。この場合、薄膜磁気ヘッド素子122の記録媒体に向く面と、保護膜128を除いた状態の基板101の記録媒体に向く面との間の段差は5～7nm程度となる。

また、図28に示したように、スライダ120の浮上時におけるスライダ120と記録媒体140との間の距離は7～9nm程度ある。更に、保護層128を設けた場合には、その保護層128の厚み、例えば4～5nm程度だけ、薄膜磁気ヘッド素子122の記録媒体に向く面と記録媒体140との間が広がる。これ

らのことから、スライダ120の浮上時における薄膜磁気ヘッド素子122の記録媒体に向く面と記録媒体140との間の距離、すなわち磁気スペースは15nm程度となる。この程度の磁気スペースでは、達成可能な面記録密度は80～100ギガビット／（インチ）<sup>2</sup>程度が限界となる。

このように、関連技術の薄膜磁気ヘッドでは、スライダ120のエアベアリング面において、薄膜磁気ヘッド素子122に対応する部分が他の部分よりも引っ込んだ状態で段差が生じることから、磁気スペースを縮小することが困難であり、その結果、記録密度を向上させることが難しいという問題点があった。

また、関連技術の薄膜磁気ヘッドでは、上述のように、磁気スペースを縮小することが困難であることから、特に、再生ヘッドにおける再生出力の向上や半値幅の縮小といった再生ヘッドの特性の向上を十分に図ることができなかった。そのため、従来は、高密度記録用のハードディスク装置のエラーレートが高くなり、ハードディスク装置の歩留りが低くなるという問題点があった。

なお、特開平7-230615号公報には、スライダの浮上面を平坦化するために、スライダの浮上面の加工時にスライダとヘッド素子との間に生じる凹み部に、絶縁膜よりなる保護膜を設ける技術が示されている。特開平7-230615号公報には、凹み部に保護膜を設ける方法として、次のような第1の方法と第2の方法とが示されている。第1の方法は、スライダの浮上面とヘッド素子部の浮上面とを含む面の全面にスパッタリングにより保護膜を形成した後、スライダの浮上面をラッピングすることにより、スライダの浮上面における保護膜を除去する方法である。第2の方法は、スライダの浮上面とヘッド素子部の浮上面とを含む面の全面に感光性有機膜を形成し、ヘッド素子部の浮上面における感光性有機膜のみを感光させて取り除き、その後、全面にスパッタリングにより保護膜を形成し、最後に、残りの感光性有機膜を取り除く方法である。

しかしながら、特開平7-230615号公報に示された技術では、スライダの浮上面とヘッド素子部の浮上面との間の段差はなくならないので、磁気スペースを縮小することができないという問題点がある。

また、関連技術の薄膜磁気ヘッドでは、スライダ120が互いに硬度の異なる複数の層を含むことから、スライダ120の研磨によって、再生ヘッドにおいて

スメアーが発生し、その結果、再生ヘッドの不良が発生する場合があるという問題点があった。以下、この問題点について詳しく説明する。

再生出力の半値幅を縮小するために、最近では、下部シールド層と上部シールド層との間の距離であるシールドギャップ長を、70～80 nm程度にまで小さくしている。下部シールド層と上部シールド層との間には、MR素子105と、このMR素子105に接続された電極層106と、これらを上下から挟むシールドギャップ膜104、107が配置されている。シールドギャップ膜104、107の厚みはそれぞれ例えば20～40 nmであり、MR素子105の厚みは例えば30～35 nmである。

スライダ120の研磨は、MR素子105、電極層106およびシールドギャップ膜104、107がエアベアリング面に露出した状態で行われる。ところで、スライダ120では、例えばアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなる基板101の硬度が最も大きく、薄膜磁気ヘッド素子122に含まれる磁性層の硬度が最も小さく、例えばアルミナよりなる絶縁層127の硬度は、基板101の硬度と磁性層の硬度の間である。このように硬度が異なる複数の層を含むスライダ120を研磨する場合には、硬い基板101を研磨できるように、スライダ120に加える荷重を大きくした状態でスライダ120の研磨を行う必要がある。その場合、スライダ120の研磨の際に、Au、Cu等の柔らかい金属よりなる電極層106の削り粉が、エアベアリング面と定盤との間に挟まれて延びて、スメアーと呼ばれる不良が発生する場合がある。このスメアーは、MR素子105と下部シールド層または上部シールド層との間の電氣的な短絡を引き起こす場合がある。この短絡は、再生ヘッドの感度を低下させたり、再生出力にノイズを発生させたりして、再生ヘッドの特性を劣化させる。

#### 発明の目的および概要

本発明の目的は、薄膜磁気ヘッド用スライダの低浮上化を可能にすると共に、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって再生ヘッドにおいて不良が発生することを防止できるようにした薄膜磁気ヘッド用スライダおよびその製造方法を提供することにある。



本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダは、  
記録媒体に対向する媒体対向面と、  
媒体対向面よりも記録媒体から離れた位置に配置され且つ記録媒体に向く第1の面とこの第1の面と交わる第2の面とを有する基板と、  
基板の第2の面の近傍であって媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子と、  
媒体対向面の一部を構成する面を有し、薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部と、  
媒体対向面の他の一部を構成する面を有し、基板の第1の面に隣接する媒体対向層とを備え、  
基板の硬度は、絶縁部の硬度よりも大きく、  
基板の硬度と媒体対向層の硬度とを比較すると、媒体対向層の硬度の方が絶縁部の硬度に近いものである。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダは、基板の硬度に比べて絶縁部の硬度に近い硬度を有する媒体対向層を備えている。従って、このスライダでは、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって媒体対向面に段差が生じることを防止することができる。また、このスライダでは、媒体対向層がない場合に比べて、スライダ用素材の研磨の際にスライダ用素材に加える荷重を小さくすることができる。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、媒体対向面は、記録媒体に対するスライダの浮上を制御するための凹凸を有していてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、絶縁部を構成する主な材料と媒体対向層を構成する材料は同一であってもよい。この場合、基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、絶縁部は主にアルミナよりなり、媒体対向層はアルミナよりなるものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、絶縁部は主にアルミナよりなり、媒体対向層はダイヤモンドライクカーボンよりなるものであってもよい。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法は、媒体に対向する媒体対向面と、媒体対向面よりも記録媒体から離れた位置に配置され且つ記録媒体に向く第

1の面とこの第1の面と交わる第2の面とを有する基板と、基板の第2の面の近傍であって媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子と、媒体対向面の一部を構成する面を有し、薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部と、媒体対向面の他の一部を構成する面を有し、基板の第1の面に隣接する媒体対向層とを備え、基板の硬度は、絶縁部の硬度よりも大きく、基板の硬度と媒体対向層の硬度とを比較すると、媒体対向層の硬度の方が絶縁部の硬度に近い薄膜磁気ヘッド用スライダを製造する方法である。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法は、

基板と薄膜磁気ヘッド素子と絶縁部とを含むスライダ用素材を形成する工程と

スライダ用素材において、基板の記録媒体に向く面をエッチングすることによって第1の面を形成する工程と、

スライダ用素材において、第1の面に隣接するように媒体対向層を形成する工程と、

スライダ用素材において、媒体対向層の記録媒体に向く面と絶縁部の記録媒体に向く面とを研磨して、媒体対向面を形成する工程とを備えたものである。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法では、基板の硬度に比べて絶縁部の硬度に近い硬度を有する媒体対向層を形成し、媒体対向層の記録媒体に向く面と絶縁部の記録媒体に向く面とを研磨して、媒体対向面を形成する。従って、この製造方法では、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって媒体対向面に段差が生じることを防止することができる。また、この製造方法では、媒体対向層がない場合に比べて、スライダ用素材の研磨の際にスライダ用素材に加える荷重を小さくすることができる。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法は、更に、媒体対向面に、記録媒体に対するスライダの浮上を制御するための凹凸を形成する工程を備えていてもよい。この場合、凹凸を形成する工程ではイオンミリング、反応性イオンエッチングまたは集束イオンビームエッチングを用いてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、絶縁部を構成

する主な材料と媒体対向層を構成する材料は同一であってもよい。この場合、基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、絶縁部は主にアルミナよりなり、媒体対向層はアルミナよりなるものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、絶縁部は主にアルミナよりなり、媒体対向層はダイヤモンドライクカーボンよりなるものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、第1の面を形成する工程ではイオンミリングまたは反応性イオンエッチングを用いてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、媒体対向層を形成する工程ではスパッタリングまたはイオンビームデポジションを用いてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、媒体対向面を形成する工程は、粗研磨を行う工程と、この工程の後に精密研磨を行う工程とを含んでいてもよい。この場合、薄膜磁気ヘッド素子は磁氣的信号検出用の磁気抵抗効果素子を含み、粗研磨を行う工程は磁気抵抗効果素子の抵抗値を検出しながら研磨を行ってもよい。また、粗研磨は機械的研磨であり、精密研磨は化学的研磨要素を含む研磨であってもよい。

本発明のその他の目的、特徴および利益は、以下の説明を以って十分明白になるであろう。

#### 図面の簡単な説明

図1Aおよび図1Bは、薄膜磁気ヘッド素子の製造方法の一例における一工程を示す断面図である。

図2Aおよび図2Bは、図1Aおよび図1Bに続く工程を説明するための断面図である。

図3Aおよび図3Bは、図2Aおよび図2Bに続く工程を説明するための断面図である。

図4Aおよび図4Bは、図3Aおよび図3Bに続く工程を説明するための断面

図である。

図 5 A および図 5 B は、図 4 A および図 4 B に続く工程を説明するための断面図である。

図 6 A および図 6 B は、薄膜磁気ヘッド素子の一例の構成を示す断面図である。

図 7 は、図 6 A および図 6 B に示した薄膜磁気ヘッド素子の主要部分を示す平面図である。

図 8 は、本発明の一実施の形態に係るスライダの製造方法における一工程を示す斜視図である。

図 9 は、図 8 に続く工程を示す斜視図である。

図 10 は、図 9 に続く工程を示す斜視図である。

図 11 は、図 10 に続く工程を示す斜視図である。

図 12 は、本発明の一実施の形態に係るスライダの斜視図である。

図 13 は、本発明の一実施の形態に係るスライダの製造方法における一工程を示す断面図である。

図 14 は、図 13 に続く工程を示す断面図である。

図 15 は、図 14 に続く工程を示す断面図である。

図 16 は、図 15 に続く工程を示す断面図である。

図 17 は、本発明の一実施の形態に係るスライダの断面図である。

図 18 は、本発明の一実施の形態においてバーの研磨を行うための研磨装置の概略の構成を示す斜視図である。

図 19 は、図 18 に示した研磨装置の回路構成の一例を示すブロック図である。

図 20 は、本発明の一実施の形態に係るスライダの薄膜磁気ヘッド素子における再生出力の波形の一例を示す波形図である。

図 21 A および図 21 B は、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の製造方法における一工程を説明するための断面図である。

図 22 A および図 22 B は、図 21 A および図 21 B に続く工程を説明するための断面図である。

図 2 3 A および図 2 3 B は、図 2 2 A および図 2 2 B に続く工程を説明するための断面図である。

図 2 4 A および図 2 4 B は、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の断面図である。

図 2 5 は、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の平面図である。

図 2 6 は、スライダのエアベアリング面の構成の一例を示す底面図である。

図 2 7 は、図 2 6 の 2 7 - 2 7 線断面図である。

図 2 8 は、スライダが記録媒体の表面からわずかに浮上している状態を示す断面図である。

### 好適な実施の形態の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッド用スライダ（以下、単にスライダと記す。）は、記録媒体に対向する媒体対向面としてのエアベアリング面と、エアベアリング面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを有している。

まず、図 1 A ないし図 6 A、図 1 B ないし図 6 B および図 7 を参照して、本実施の形態に係るスライダにおける薄膜磁気ヘッド素子の製造方法の一例について説明する。なお、図 1 A ないし図 6 A はエアベアリング面および基板の上面に垂直な断面を示し、図 1 B ないし図 6 B は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

本例における薄膜磁気ヘッド素子の製造方法では、まず、図 1 A および図 1 B に示したように、例えばアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイド ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) よりなる基板 1 の上に、例えばアルミナ ( $Al_2O_3$ ) よりなる絶縁層 2 を、約  $5 \mu m$  の厚みで堆積する。次に、絶縁層 2 の上に、磁性材料、例えばパーマロイよりなる再生ヘッド用の下部シールド層 3 を、約  $3 \mu m$  の厚みに形成する。下部シールド層 3 は、例えば、フォトレジスト膜をマスクにして、めっき法によって、絶縁層 2 の上に選択的に形成する。次に、図示しないが、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層を、例えば  $4 \sim 5 \mu m$  の厚みに形成し、例えば CMP（化学機械研磨）によって、下部シールド層 3 が露出するまで研磨して、表面を平坦化処理する。

次に、図2 Aおよび図2 Bに示したように、下部シールド層3の上に、絶縁膜としての下部シールドギャップ膜4を、例えば約20～40 nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、磁気的信号検出用のMR素子5を、数十nmの厚みに形成する。MR素子5は、一端部がエアベアリング面30に配置される。MR素子5は、例えば、スパッタによって形成したMR膜を選択的にエッチングすることによって形成する。なお、MR素子5には、AMR素子、GMR素子、あるいはTMR（トンネル磁気抵抗効果）素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子5に電氣的に接続される一対の電極層6を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、絶縁膜としての上部シールドギャップ膜7を、例えば約20～40 nmの厚みに形成し、MR素子5をシールドギャップ膜4、7内に埋設する。シールドギャップ膜4、7に使用する絶縁材料としては、アルミナ、窒化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）等がある。また、シールドギャップ膜4、7は、スパッタ法によって形成してもよいし、化学的气相成長（CVD）法によって形成してもよい。

次に、上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）8の第1の層8aを、約1.0～1.5  $\mu$ mの厚みで、選択的に形成する。なお、下部磁極層8は、この第1の層8aと、後述する第2の層8b、第3の層8cとで構成される。下部磁極層8の第1の層8aは、後述する薄膜コイルの少なくとも一部に対向する位置に配置される。

次に、下部磁極層8の第1の層8aの上に、下部磁極層8の第2の層8bおよび第3の層8cを、約1.5～2.5  $\mu$ mの厚みに形成する。第2の層8bは、下部磁極層8の磁極部分を形成し、第1の層8aの後述する記録ギャップ層側（図2 Aおよび図2 Bにおいて上側）の面に接続される。第3の層8cは、第1の層8aと後述する上部磁極層とを接続するための部分であり、後述する薄膜コイルの中心の近傍の位置に配置される。第2の層8bのうち上部磁極層と対向する部分におけるエアベアリング面30とは反対側の端部の位置は、スロートハイト

を規定する。

下部磁極層 8 の第 2 の層 8 b および第 3 の層 8 c は、NiFe (Ni : 80 重量%, Fe : 20 重量%) や、高飽和磁束密度材料である NiFe (Ni : 45 重量%, Fe : 55 重量%) 等を用い、めっき法によって形成してもよいし、高飽和磁束密度材料である FeN, FeZrN 等の材料を用い、スパッタによって形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料である CoFe, Co 系アモルファス材等を用いてもよい。

次に、図 3 A および図 3 B に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜 9 を、約 0.3 ~ 0.6  $\mu\text{m}$  の厚みに形成する。

次に、フォトレジストをフォトリソグラフィ工程によりパターンニングして、薄膜コイルをフレームめっき法によって形成するための図示しないフレームを形成する。次に、このフレームを用いて、フレームめっき法によって、例えば銅 (Cu) よりなる薄膜コイル 10 を、例えば約 1.0 ~ 2.0  $\mu\text{m}$  の厚みおよび 1.2 ~ 2.0 のコイルピッチで形成する。次に、フレームを除去する。なお、図中、符号 10 a は、薄膜コイル 10 を、後述する導電層 (リード) と接続するための接続部を示している。

次に、図 4 A および図 4 B に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層 11 を、約 3 ~ 4  $\mu\text{m}$  の厚みで形成する。次に、例えば CMP によって、下部磁極層 8 の第 2 の層 8 b および第 3 の層 8 c が露出するまで、絶縁層 11 を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図 4 A では、薄膜コイル 10 は露出していないが、薄膜コイル 10 が露出するようにしてもよい。

次に、露出した下部磁極層 8 の第 2 の層 8 b および第 3 の層 8 c と絶縁層 11 の上に、絶縁材料よりなる記録ギャップ層 12 を、例えば 0.2 ~ 0.3  $\mu\text{m}$  の厚みに形成する。記録ギャップ層 12 に使用する絶縁材料としては、一般的に、アルミナ、窒化アルミニウム、シリコン酸化物系材料、シリコン窒化物系材料、ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 等がある。また、記録ギャップ層 12 は、スパッタ法によって形成してもよいし、CVD 法によって形成してもよい。

次に、磁路形成のために、下部磁極層 8 の第 3 の層 8 c の上において、記録ギャップ層 12 を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。また、薄

膜コイル10の接続部10aの上の部分において、記録ギャップ層12および絶縁層11を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。

次に、図5Aおよび図5Bに示したように、記録ギャップ層12の上において、エアベアリング面30から下部磁極層8の第3の層8cの上の部分にかけて上部磁極層13を約2.0～3.0 $\mu$ mの厚みに形成すると共に、薄膜コイル10の接続部10aに接続されるように導電層16を約2.0～3.0 $\mu$ mの厚みに形成する。上部磁極層13は、下部磁極層8の第3の層8cの上の部分に形成されたコンタクトホールを介して、下部磁極層8の第3の層8cに接触し、磁氣的に連結されている。

上部磁極層13は、NiFe (Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe (Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタによって形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波特性の改善のため、上部磁極層13を、無機系の絶縁膜とパーマロイ等の磁性層とを何層にも重ね合わせた構造としてもよい。

次に、上部磁極層13をマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層12を選択的にエッチングする。このときのドライエッチングには、例えば、BCl<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>等の塩素系ガスや、CF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>等のフッ素系ガス等のガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)が用いられる。次に、例えばアルゴンイオンミリングによって、下部磁極層8の第2の層8bを選択的に約0.3～0.6 $\mu$ m程度エッチングして、図5Bに示したようなトリム構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効的なトラック幅の増加を防止することができる。

次に、図6Aおよび図6Bに示したように、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層17を、20～40 $\mu$ mの厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、上記各層を含むスライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面30を形成して、薄膜磁気ヘッド素子が完成する。



図7は、図6 Aおよび図6 Bに示した薄膜磁気ヘッド素子の主要部分を示す平面図である。なお、図7では、オーバーコート層17や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。

本例における薄膜磁気ヘッド素子は、再生ヘッドと記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）とを備えている。再生ヘッドは、磁氣的信号検出用のMR素子5と、記録媒体に対向する媒体対向面すなわちエアベアリング面30側の一部がMR素子5を挟んで対向するように配置され、MR素子5をシールドする下部シールド層3および上部シールド層（下部磁極層8）とを有している。

記録ヘッドは、互いに磁氣的に連結され、エアベアリング面30側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む下部磁極層8および上部磁極層13と、下部磁極層8の磁極部分と上部磁極層13の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層12と、少なくとも一部が下部磁極層8および上部磁極層13の間に、これらに対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイル10とを有している。

次に、本実施の形態に係るスライダの構成について説明する。図12は本実施の形態に係るスライダの斜視図、図17は図12に示したスライダの、薄膜磁気ヘッド素子を通りエアベアリング面に垂直な断面を示す断面図である。

本実施の形態に係るスライダ20におけるエアベアリング面30は、磁気ディスク等の記録媒体の回転によって生じる空気流によってスライダ20を記録媒体の表面からわずかに浮上させるために必要な形状に形成されている。具体的には、エアベアリング面30は、記録媒体に対するスライダ20の浮上を制御するための凹凸を有している。なお、図12において、符号21aは凸部を表し、21bは凹部を表している。また、スライダ20におけるエアベアリング面30の空気流出側（図12における下側、図17における左側）の端部近傍には薄膜磁気ヘッド素子22が配置されている。この薄膜磁気ヘッド素子22の構成は、例えば図6 Aおよび図6 Bに示したようになっている。

スライダ20は、エアベアリング面30よりも記録媒体から離れた位置に配置され且つ記録媒体に向く第1の面23とこの第1の面23と交わる第2の面24とを有する基板1と、基板1の第2の面24の近傍であってエアベアリング面3

0の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子22と、エアベアリング面30の一部を構成する面26を有し、薄膜磁気ヘッド素子22を囲う絶縁部25と、エアベアリング面30の他の一部を構成する面28を有し、基板1の第1の面23に隣接する媒体対向層27とを備えている。絶縁部25の大部分はオーバーコート層17である。

基板1の硬度は、絶縁部25の硬度よりも大きい。基板1の硬度と媒体対向層27の硬度とを比較すると、媒体対向層27の硬度の方が絶縁部25の硬度に近い。絶縁部25を構成する主な材料と媒体対向層27を構成する材料は同一であることが好ましい。この場合、基板1は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイド( $Al_2O_3 \cdot TiC$ )よりなり、絶縁部25は主にアルミナ( $Al_2O_3$ )よりなり、媒体対向層27はアルミナよりなるものであってもよい。

また、基板1は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、絶縁部25は主にアルミナよりなり、媒体対向層27はダイヤモンドライクカーボンよりなるものであってもよい。

また、媒体対向層27の材料は、基板1の硬度に比べて絶縁部25の硬度に近い硬度を有する材料であれば、アルミナやダイヤモンドライクカーボンに限らず、 $SiO_2$ 等の他の絶縁材料または高抵抗材料であってもよい。

次に、図8ないし図17を参照して、本実施の形態に係るスライダの製造方法について説明する。図8ないし図12は、それぞれ本実施の形態に係るスライダの製造方法を説明するための斜視図である。図13ないし図17は、それぞれ本実施の形態に係るスライダの製造方法を説明するための断面図である。なお、図13ないし図17は、それぞれ薄膜磁気ヘッド素子22を通り、エアベアリング面30に垂直な断面を示している。

本実施の形態に係るスライダの製造方法では、まず、それぞれ薄膜磁気ヘッド素子22を含むスライダ20となる部分(以下、スライダ部分と言う。)40が複数列に配列されたウェハを一方向に切断して、スライダ部分40が一行に配列されたバーと呼ばれるブロックを形成する。バーは、本発明におけるスライダ用素材に対応する。図8および図13には、このバーのうちの1つのスライダ部分40のみを示している。図8および図13に示したように、スライダ部分40は

、基板 1 と薄膜磁気ヘッド素子 2 2 と絶縁部 2 5 とを含んでいる。この時点では、基板 1 の記録媒体に向く面（図 8 および図 1 3 における上側の面）1 a と絶縁部 2 5 の記録媒体に向く面（図 8 および図 1 3 における上側の面）2 5 a とは同一平面上に配置されている。

次に、図 1 4 に示したように、絶縁部 2 5 の記録媒体に向く面 2 5 a の上に、例えば、フォトリソグラフィによってパターン化されたフォトレジストよりなるマスク 4 1 を形成する。次に、図 9 および図 1 4 に示したように、エッチング、好ましくはドライエッチングによって、基板 1 の記録媒体に向く面 1 a を、例えば  $1 \sim 3 \mu\text{m}$  だけエッチングする。このエッチングは、絶縁部 2 5 の記録媒体に向く面 2 5 a を基準として、基板 1 の記録媒体に向く面 1 a の位置（深さ）が、MR 素子 5 のエアベアリング面 3 0 とは反対側の端部の位置と同じかそれよりも深い位置になるまで行う。エッチング後の面 1 a は、基板 1 の第 1 の面 2 3 となる。基板 1 のエッチングには、例えば、イオンミリングや、 $\text{BCl}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  等の塩素系ガスや  $\text{CF}_4$ 、 $\text{SF}_6$  等のフッ素系ガス等のガスを用いた反応性イオンエッチング（RIE）が用いられる。

次に、図 1 0 および図 1 5 に示したように、基板 1 の第 1 の面 2 3 の上および絶縁部 2 5 の記録媒体に向く面 2 5 a の上に、例えば  $1 \sim 3 \mu\text{m}$  の厚みの媒体対向層 2 7 を形成する。この媒体対向層 2 7 は、例えば、スパッタリングまたはイオンビームデポジションによって行われる。

次に、図 1 1 および図 1 6 に示したように、媒体対向層 2 7 の記録媒体に向く面（図 1 1 および図 1 6 における上側の面）と絶縁部 2 5 の記録媒体に向く面 2 5 a とを研磨して、エアベアリング面 3 0 を形成する。この工程の後、絶縁部 2 5 の面 2 5 a は、エアベアリング面 3 0 の一部を構成する面 2 6 となり、媒体対向層 2 7 の記録媒体に向く面は、エアベアリング面 3 0 の他の一部を構成する面 2 8 となる。

エアベアリング面 3 0 を形成する工程は、媒体対向層 2 7 および絶縁部 2 5 の粗研磨を行う工程と、この工程の後に媒体対向層 2 7 および絶縁部 2 5 の精密研磨を行う工程とを含んでもよい。

粗研磨を行う工程は、バーに含まれる複数のスライダ部分 4 0 の各 MR 素子 5

の抵抗値を検出しながら、複数のスライダ部分40におけるMRハイトおよびスロートハイトが等しくなるように、バーの研磨を行ってもよい。

また、粗研磨は機械的研磨であってもよく、精密研磨は化学的研磨要素を含む研磨であってもよい。粗研磨は、例えば、研磨剤としてのダイヤモンドにアルカリ系潤滑液を加えたアルカリ系スラリーを用い、回転するスズ定盤上で行ってもよい。この場合には、アルカリ系スラリーによってアルミナよりなる絶縁部25および媒体対向層27を化学エッチングしながら、薄膜磁気ヘッド素子22の各磁性層、絶縁部25および媒体対向層27を機械的に研磨することができる。これにより、薄膜磁気ヘッド素子22の各磁性層、絶縁部25および媒体対向層27の相互間の段差をほぼゼロにすることができる。精密研磨は、例えばCMP（化学機械研磨）を用いてもよい。

次に、図12および図17に示したように、スライダ部分40のエアベアリング面30を選択的にエッチングして、このエアベアリング面30に、記録媒体に対するスライダ20の浮上を制御するための凸部21aおよび凹部21bを形成する。この工程では、エアベアリング面30のエッチングとして、イオンミリング、反応性イオンエッチングまたは集束イオンビームエッチングを用いてもよい。

次に、図17に示したように、スライダ部分40のエアベアリング面30の全面に、薄膜磁気ヘッド素子22を保護するための保護膜29を形成する。この保護膜29の材料には、例えばダイヤモンドライクカーボンが用いられる。なお、図12では保護膜29を省略している。

最後に、隣接するスライダ部分40の間でバーを切断して各スライダ20に分離する。なお、本実施の形態では、スライダ部分40のエアベアリング面30に凸部21aおよび凹部21bを形成する工程において、スライダ部分40のエアベアリング面30側のエッジのうち、薄膜磁気ヘッド素子22の近傍である空気流出側（図17における左側）のエッジを面取りしている。

ここで、図18および図19を参照して、バーに含まれる複数のスライダ部分40のMR素子5の抵抗値を検出しながら、複数のスライダ部分40におけるMRハイトおよびスロートハイトが等しくなるように、バーの研磨を行う方法の一

例について説明する。

図18は、バーの研磨を行うための研磨装置の概略の構成を示す斜視図である。この研磨装置51は、テーブル60と、このテーブル60上に設けられた回転ラッピングテーブル61と、この回転ラッピングテーブル61の側方において、テーブル60上に設けられた支柱62と、この支柱62に対してアーム63を介して取り付けられた素材支持部70とを備えている。回転ラッピングテーブル61は、バーに当接するラッピングプレート61aを有している。

素材支持部70は、治具保持部73と、この治具保持部73の前方位置に等間隔に配設された3本の荷重付加棒75A、75B、75Cとを有している。治具保持部73には、治具80が固定されるようになっている。治具80には、断面が長円形の孔からなる3つの荷重付加部が設けられている。荷重付加棒75A、75B、75Cの各下端部には、それぞれ、治具80の各荷重付加部（孔）に挿入される断面が長円形の頭部を有する荷重付加ピンが設けられている。各荷重付加ピンは、それぞれ図示しないアクチュエータによって、上下方向、左右方向（治具80の長手方向）および回転方向に駆動されるようになっている。

治具80は、バーを保持する保持部を有している。この治具80では、3つの荷重付加部に対して種々の方向の荷重を付加することにより、保持部およびバーが変形される。これにより、バーに含まれる複数の薄膜磁気ヘッド素子22のMRハイトおよびスロートハイトの値を目標とする値となるように制御しながら、バーのエアベアリング面30をラッピングすることが可能となる。

図19は、図18に示した研磨装置の回路構成の一例を示すブロック図である。この研磨装置は、治具80の各荷重付加部にそれぞれ3方向の荷重を付加するための9つアクチュエータ91～99と、バー内の複数のMR素子5の抵抗値を監視してアクチュエータ91～99を制御する制御装置86と、図示しないコネクタを介して、バー内の複数のMR素子5に接続され、これらのMR素子5のいずれかを選択的に制御装置86に接続するマルチプレクサ87とを備えている。

この研磨装置では、制御装置86は、マルチプレクサ87を介してバー内の複数のMR素子5の抵抗値を監視して、バー内の各薄膜磁気ヘッド素子22におけるMRハイトおよびスロートハイトが全て許容誤差の範囲内となるように、アク

チュエータ 91～99 を制御する。

以上説明したように、本実施の形態に係るスライダ 20 は、基板 1 と薄膜磁気ヘッド素子 22 と絶縁部 25 と媒体対向層 27 とを備えている。基板 1 の硬度は、絶縁部 25 の硬度よりも大きい。基板 1 の硬度と媒体対向層 27 の硬度とを比較すると、媒体対向層 27 の硬度の方が絶縁部 25 の硬度に近い。

媒体対向層 27 がない場合には、エアベアリング面 30 を形成するためのバーの研磨の際に、互いに硬度の異なる基板 1 と絶縁部 25 とが同時に研磨される。そのため、この場合には、研磨後に、絶縁部 25 の記録媒体に向く面と基板 1 の記録媒体に向く面との間で、基板 1 の面に対して絶縁部 25 の面が引っ込んだ状態で、例えば 4～5 nm 程度の段差が生じる。

これに対し、本実施の形態に係るスライダ 20 およびその製造方法では、基板 1 の第 1 の面 23 を、エアベアリング面 30 よりも記録媒体から離れた位置に配置し、この第 1 の面 23 の上に、基板 1 の硬度に比べて絶縁部 25 の硬度に近い硬度を有する媒体対向層 27 を設けている。従って、本実施の形態によれば、エアベアリング面 30 を形成するためのバーの研磨によって、エアベアリング面 30 において絶縁部 25 と媒体対向層 27 との間で段差が生じることを防止することができる。特に、絶縁部 25 を構成する主な材料と媒体対向層 27 を構成する材料を同一にした場合には、上記の段差をほぼゼロにすることができる。

従って、本実施の形態によれば、スライダ 20 の低浮上化、すなわち磁気スペースの縮小が可能になる。また、本実施の形態によれば、磁気スペースの縮小により、再生ヘッドにおける再生出力の向上や半値幅の縮小が可能になり、その結果、記録密度を向上させることができる。図 20 は、本実施の形態に係るスライダ 20 の薄膜磁気ヘッド素子 22 における再生出力の波形の一例を示したものである。この図において、符号 PW50 は再生出力における半値幅を表している。半値幅 PW50 は、再生出力がピーク時の 50 % 以上となる時間である。また、本実施の形態によれば、磁気スペースの縮小により、記録ヘッドにおけるオーバーライト特性や非線形トランジションシフトを向上させることが可能になる。

また、本実施の形態によれば、媒体対向層 27 がない場合に比べて、エアベアリング面 30 を形成するためのバーの研磨の際にバーに加える荷重を小さくする

ことができる。その結果、本実施の形態によれば、バーの研磨の際に、再生ヘッドにおいて、スメアーに起因する不良が発生することを防止することができる。

また、本実施の形態によれば、媒体対向層 27 がない場合に比べて、バーの研磨面が、硬度の点で均質化される。従って、本実施の形態によれば、媒体対向層 27 がない場合に比べて、エアベアリング面 30 内の位置によらずに研磨の速度がほぼ一定になる。その結果、本実施の形態によれば、エアベアリング面 30 の平面度を向上させることができる。

以上の各効果は、特に、絶縁部 25 を構成する主な材料と媒体対向層 27 を構成する材料を同一にした場合に顕著になる。

また、本実施の形態によれば、スライダ 20 のエアベアリング面 30 の大部分が、基板 1 よりも硬度が小さい媒体対向層 27 によって形成されるため、スライダ 20 が記録媒体に接触する際に記録媒体に与える衝撃を軽減することができる。従って、本実施の形態によれば、記録媒体が回転している状態から回転を停止した状態に移行してスライダ 20 が記録媒体に接触した際や、外力によってスライダ 20 が記録媒体に接触した際に、記録媒体が傷付けられることを防止することができる。

また、本実施の形態では、基板 1 よりも硬度が小さい媒体対向層 27 に対して、記録媒体に対するスライダ 20 の浮上を制御するための凹凸を、エッチングによって形成する。そのため、本実施の形態によれば、基板 1 にエッチングによって凹凸を形成する場合に比べて、速く且つ正確に凹凸を形成することができる。

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、本発明は、誘導型電磁変換素子を有しない再生専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型電磁変換素子のみを有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型電磁変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

以上説明したように、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダは、基板の硬度に比べて絶縁部の硬度に近い硬度を有する媒体対向層を備えている。従って、本発明によれば、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって媒体対向面に段差が生じることを防止することができる。その結果、本発明によれば、薄膜磁気ヘッド用スライダの低浮上化が可能になる。また、本発明によれば、媒体

対向層がない場合に比べて、スライダ用素材の研磨の際にスライダ用素材に加える荷重を小さくすることができる。従って、本発明によれば、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって再生ヘッドにおいて不良が発生することを防止することができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、絶縁部を構成する主な材料と媒体対向層を構成する材料を同一にした場合には、上記各効果が顕著になる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法では、基板の硬度に比べて絶縁部の硬度に近い硬度を有する媒体対向層を形成し、媒体対向層の記録媒体に向く面と絶縁部の記録媒体に向く面とを研磨して、媒体対向面を形成する。従って、本発明によれば、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって媒体対向面に段差が生じることを防止することができる。その結果、本発明によれば、薄膜磁気ヘッド用スライダの低浮上化が可能になる。また、本発明によれば、媒体対向層がない場合に比べて、スライダ用素材の研磨の際にスライダ用素材に加える荷重を小さくすることができる。従って、本発明によれば、媒体対向面を形成するためのスライダ用素材の研磨によって再生ヘッドにおいて不良が発生することを防止することができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、絶縁部を構成する主な材料と媒体対向層を構成する材料を同一にした場合には、上記各効果が顕著になる。

以上の説明に基づき、本発明の種々の態様や変形例を実施可能であることは明らかである。従って、以下の請求の範囲の均等の範囲において、上記の最良の形態以外の形態でも本発明を実施することが可能である。



## クレーム

### 1. 記録媒体に対向する媒体対向面と、

前記媒体対向面よりも記録媒体から離れた位置に配置され且つ記録媒体に向く第1の面とこの第1の面と交わる第2の面とを有する基板と、

前記基板の第2の面の近傍であって前記媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子と、

前記媒体対向面の一部を構成する面を有し、前記薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部と、

前記媒体対向面の他の一部を構成する面を有し、前記基板の第1の面に隣接する媒体対向層とを備え、

前記基板の硬度は、前記絶縁部の硬度よりも大きく、

前記基板の硬度と前記媒体対向層の硬度とを比較すると、媒体対向層の硬度の方が前記絶縁部の硬度に近いことを特徴とする薄膜磁気ヘッド用スライダ。

2. 前記媒体対向面は、記録媒体に対するスライダの浮上を制御するための凹凸を有することを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

3. 前記絶縁部を構成する主な材料と前記媒体対向層を構成する材料は同一であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

4. 前記基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、前記絶縁部は主にアルミナよりなり、前記媒体対向層はアルミナよりなることを特徴とする請求項3記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

5. 前記基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、前記絶縁部は主にアルミナよりなり、前記媒体対向層はダイヤモンドライクカーボンよりなることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

6. 記録媒体に対向する媒体対向面と、前記媒体対向面よりも記録媒体から離

れた位置に配置され且つ記録媒体に向く第1の面とこの第1の面と交わる第2の面とを有する基板と、前記基板の第2の面の近傍であって前記媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子と、前記媒体対向面の一部を構成する面を有し、前記薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部と、前記媒体対向面の他の一部を構成する面を有し、前記基板の第1の面に隣接する媒体対向層とを備え、前記基板の硬度は、前記絶縁部の硬度よりも大きく、前記基板の硬度と前記媒体対向層の硬度とを比較すると、媒体対向層の硬度の方が前記絶縁部の硬度に近い薄膜磁気ヘッド用スライダを製造する方法であって、

前記基板と前記薄膜磁気ヘッド素子と前記絶縁部とを含むスライダ用素材を形成する工程と、

前記スライダ用素材において、前記基板の記録媒体に向く面をエッチングすることによって前記第1の面を形成する工程と、

前記スライダ用素材において、前記第1の面に隣接するように前記媒体対向層を形成する工程と、

前記スライダ用素材において、前記媒体対向層の記録媒体に向く面と前記絶縁部の記録媒体に向く面とを研磨して、前記媒体対向面を形成する工程とを備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

7. 更に、前記媒体対向面に、記録媒体に対するスライダの浮上を制御するための凹凸を形成する工程を備えたことを特徴とする請求項6記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

8. 前記凹凸を形成する工程ではイオンミリング、反応性イオンエッチングまたは集束イオンビームエッチングを用いることを特徴とする請求項7記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

9. 前記絶縁部を構成する主な材料と前記媒体対向層を構成する材料は同一であることを特徴とする請求項6記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

10. 前記基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、前記絶縁部は主にアルミナよりなり、前記媒体対向層はアルミナよりなることを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

11. 前記基板は主にアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなり、前記絶縁部は主にアルミナよりなり、前記媒体対向層はダイヤモンドライクカーボンよりなることを特徴とする請求項6記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

12. 前記第1の面を形成する工程ではイオンミリングまたは反応性イオンエッチングを用いることを特徴とする請求項6記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

13. 前記媒体対向層を形成する工程ではスパッタリングまたはイオンビームデポジションを用いることを特徴とする請求項6記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

14. 前記媒体対向面を形成する工程は、粗研磨を行う工程と、この工程の後に精密研磨を行う工程とを含むことを特徴とする請求項6記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

15. 前記薄膜磁気ヘッド素子は磁氣的信号検出用の磁気抵抗効果素子を含み、前記粗研磨を行う工程は前記磁気抵抗効果素子の抵抗値を検出しながら研磨を行うことを特徴とする請求項14記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

16. 前記粗研磨は機械的研磨であり、前記精密研磨は化学的研磨要素を含む研磨であることを特徴とする請求項14記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

## 要約

スライダは、基板と薄膜磁気ヘッド素子と絶縁部と媒体対向層とを備えている。基板は、エアベアリング面よりも記録媒体から離れた位置に配置され且つ記録媒体に向く第1の面と、この第1の面と交わる第2の面とを有している。薄膜磁気ヘッド素子は、基板の第2の面の近傍であってエアベアリング面の近傍に配置されている。絶縁部は、エアベアリング面の一部を構成する面を有し、薄膜磁気ヘッド素子を囲っている。媒体対向層は、エアベアリング面の他の一部を構成する面を有し、基板の第1の面に隣接している。基板の硬度は、絶縁部の硬度よりも大きい。基板の硬度と媒体対向層の硬度とを比較すると、媒体対向層の硬度の方が絶縁部の硬度に近い。